

SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SOLO E RENDIMENTO DE FITOMASSA DE ADUBOS VERDES E DE GRÃOS DE MILHO, DECORRENTE DO CULTIVO CONSORCIADO⁽¹⁾

Reges Heinrichs⁽²⁾, Godofredo César Vitti⁽³⁾, Adonis Moreira⁽⁴⁾,
Paulo Alexandre Monteiro de Figueiredo⁽²⁾,
Antonio Luiz Fancelli⁽⁵⁾ & Edegar Joaquim Corazza⁽⁶⁾

RESUMO

A adubação verde é uma das formas de aporte de matéria orgânica ao solo. O sistema de cultivo consorciado de culturas pode ser uma alternativa para aumentar a reciclagem de nutrientes e melhorar a produtividade. Para avaliar o sistema consorciado de adubos verdes com o milho, foram estudadas as características químicas do solo, a produção de matéria seca, a composição mineral de adubos verdes e o rendimento de grãos de milho, num experimento realizado em campo, entre 1995 e 1997, em solo classificado como Nitossolo Vermelho eutrófico. O milho foi semeado no espaçamento de 90 cm nas entrelinhas, perfazendo, aproximadamente, 50.000 plantas por hectare. Os tratamentos constaram de quatro espécies de adubos verdes: mucuna anã [*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr], guandu anão (*Cajanus cajan* L.), crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.) e um tratamento-testemunha, sem cultivo consorciado. Essas espécies foram semeadas sem adubação, no meio da entrelinha, em duas épocas: simultânea ao milho e 30 dias após. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições. O feijão-de-porco apresentou maior produção de fitomassa e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S. No primeiro ano de cultivo, o rendimento de grãos de milho não foi influenciado pelo cultivo consorciado com adubos verdes; no entanto, no segundo, a produção foi beneficiada pelo consórcio com feijão-de-porco.

Termos para indexação: nutrientes, *Zea mays*, mucuna anã, guandu anão, *Crotalaria spectabilis*, feijão-de-porco.

⁽¹⁾ Suporte financeiro FAPESP. Recebido para publicação em agosto de 2002 e aprovado em dezembro de 2004.

⁽²⁾ Professor da Unidade Diferenciada de Dracena, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Rua Bahia 332, CEP 17900-000 Dracena (SP). E-mail: reges@dracena.unesp.br

⁽³⁾ Professor Titular do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: vitt@esalq.usp.br

⁽⁴⁾ Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental. Caixa Postal 319, CEP 69011-970 Manaus (AM). Bolsista CNPq. E-mail: adonis@cpaa.embrapa.br

⁽⁵⁾ Professor do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. E-mail: alfance@esalq.usp.br

⁽⁶⁾ Pesquisador da Embrapa Cerrados. Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina (DF). Bolsista DTI/CNPq. E-mail: edemar.corazza@ibama.gov.br

SUMMARY: SOIL CHEMICAL CHARACTERISTICS AND GREEN MANURE YIELD IN A CORN INTERCROPPED SYSTEM

Green manure is one way of supplying organic matter to soil. The mixed cultivation of crops may be an alternative to increase nutrient cycling and to improve productivity. To evaluate intercrops of green manure and corn, soil chemical characteristics, green manure dry matter production and its mineral composition and corn yield were determined in a field experiment carried out between 1995 and 1997 on an Aleudalf Soil in Piracicaba, state of São Paulo, Brazil. Corn was sown in rows spaced 90 cm apart to obtain approximately 50,000 plants per hectare. The treatments consisted of four green manure species: dwarf mucuna [Mucuna deeringiana (Bort.) Merr], dwarf pigeon pea (Cajanus cajan L.), crotalaria (Crotalaria spectabilis Roth), jack bean (Canavalia ensiformis L.), plus a control without green manure. Green manure species were sown without fertilizer application in a single row in-between the rows simultaneously with corn or 30 days after corn sowing. The experimental design consisted of randomized blocks in split plots and four replicates. Jack bean produced most phytomass and accumulated the highest amounts of N, P, K, Ca, Mg, and S. In the first year of cultivation, the corn yields were not affected by the intercropped cultivation with green manure, but in the second year the yield was highest when corn was intercropped with jack bean.

Index terms: nutrients, Zea mays, dwarf mucuna, dwarf pigeon pea, crotalaria spectabilis, jack beans.

INTRODUÇÃO

A adubação verde é conhecida desde a antiguidade. No início do século passado, Granato (1924) a definia como uma prática agrícola programada que consiste na incorporação ou não de material vegetal, com a finalidade de manter ou melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo. Em razão do efeito positivo alcançado pela interação entre adubo mineral e adubação verde, é possível obter rendimentos maiores do que pelos seus empregos isolados (Debruck & Boguslaneski, 1979; Jeranyama et al., 2000).

O uso agrícola economicamente viável de muitos solos arenosos e pobres em nutrientes, com baixo teor de matéria orgânica, em muitas regiões do mundo, tornou-se possível somente após a introdução da adubação verde (Derpsch et al., 1991). Segundo Mascarenhas et al. (1983), a produção industrial de 50 kg de nitrogênio mineral exige um consumo de energia equivalente a 80 L de gasolina. Sabe-se que as leguminosas, em sua maioria, fixam quantidades superiores a 50 kg de N.

Vitti et al. (1979), utilizando cinco espécies de leguminosas num Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa, verificaram aumento de C, Al, H e CTC e diminuição nos teores das bases trocáveis (K, Ca, Mg), P e pH do solo, com a incorporação de adubos verdes. Por sua vez, Nogueira et al. (1989) constataram incrementos nos teores de matéria orgânica e cálcio e redução nos teores de fósforo em solo aluvial, quando cultivado com *Crotalaria juncea* como adubo verde.

Skóra Neto (1993), estudando consorciação de leguminosas com milho, verificou redução na infestação da área com plantas invasoras durante e após o período de colheita, sendo este efeito variável, conforme a espécie e a época da consorciação.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar alterações nas características químicas do solo, o desenvolvimento de adubos verdes e o rendimento de grãos de milho submetido ao sistema consorciado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante os anos agrícolas 1995/96 e 1996/97, na área experimental pertencente à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), Brasil, localizada a 22 ° 42 ' 30 " latitude sul e 47 ° 38 ' 00 " longitude oeste. O solo é um Nitossolo Vermelho eutrófico, cujas características químicas, das camadas de 0–10 cm e 10–20 cm de profundidade, por ocasião da instalação do experimentos, são apresentadas no quadro 1.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo as espécies de adubo verde dispostos na parcela (9 x 12 m) e a época de semeadura na subparcela (4,5 x 12 m), e quatro repetições. O solo foi preparado pelo sistema convencional: uma aração profunda e duas gradagens. No segundo ano agrícola, as culturas foram semeadas no sistema plantio direto.

O milho, híbrido duplo BRASKALB XL 660, foi semeado no primeiro (8/11/1995) e no segundo (15/11/1996) cultivo, espaçado de 0,90 m na entrelinha, perfazendo, aproximadamente, 50.000 plantas por hectare. A adubação no sulco de semeadura foi de 30 kg ha⁻¹ de N (uréia), 72 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e de 48 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). As sementes de milho foram tratadas com o inseticida Futur 300, o qual continha zinco (250 g L⁻¹), molibdênio (10 g L⁻¹) e boro (2 g L⁻¹), utilizando-se a dose de 400 mL do produto por 20 kg de sementes. A adubação de cobertura no milho foi de 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia aplicada na superfície, no estádio de oito folhas. Uma semana antes da semeadura do segundo cultivo, foi aplicado dessecante para eliminação de plantas invasoras. Os tratamentos constaram de uma

testemunha (sem adubo verde consorciado) e quatro espécies de adubos verdes, escolhendo-se as que não usassem o milho como suporte e de menor tamanho para não prejudicar o desenvolvimento do milho. As quatro espécies foram semeadas manualmente, em fileira única, sem adubação, no meio das entrelinhas, a 0,45 m da linha de semeadura do milho, em duas épocas: simultânea à semeadura do milho e 30 dias após, empregando 10 ou 20 sementes / m (Quadro 2). O rendimento de grãos de milho foi avaliado mediante colheita manual no estádio de grãos secos.

A avaliação da produção da fitomassa dos adubos verdes foi efetuada em 1,0 m², no dia da colheita do milho, em 13/03/1996, e, no segundo ano, em 24/03/1997. Nas parcelas sem adubo verde consorciado, foram coletadas as plantas daninhas que emergiram nesse período. As amostras foram secas em estufa

Quadro 1. Características químicas do solo por ocasião da instalação do experimento (1995). Piracicaba, SP

Tratamento	pH (CaCl ₂)	MO	P	S-SO ₄	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V
		g dm ⁻³	- mg dm ⁻³			mmol. dm ⁻³					%	
0-10 cm												
Testemunha	5,3	21	16	5,8	1,5	25	10	0	17	36	53	68
Mucuna anã	5,4	20	17	4,1	1,5	23	10	0	17	34	51	67
Guandu anão	5,0	24	21	7,3	1,6	23	9	0	24	34	57	60
Crotalária	4,9	20	16	6,4	1,6	25	10	0	21	37	57	65
Feijão-de-porco	5,2	22	21	4,3	1,7	26	11	0	19	38	58	66
Média	5,2	21	18	5,6	1,6	24	10	0	20	36	55	65
C.V. (%)	4	7	10	15	5	5	7	0	15	5	5	5
10-20 cm												
Testemunha	5,2	20	13	6,4	1,4	25	8	0	21	34	55	62
Mucuna anã	5,3	19	17	7,0	1,2	24	9	0	17	34	51	67
Guandu anão	4,9	20	17	7,1	1,3	22	7	0	23	30	52	58
Crotalária	5,2	20	16	7,1	1,5	24	9	0	17	34	51	67
Feijão-de-porco	5,2	22	16	4,1	1,7	24	10	0	17	36	53	68
Média	5,2	20	16	6,3	1,4	24	9	0	19	34	52	65
C.V. (%)	3	5	3	7	13	2	13	0	12	7	3	7

P, K, Ca e Mg: extração com resina trocadora de íons; S-SO₄: NH₄OAc 0,5 mol L⁻¹ em HOAc 0,25 mol L⁻¹.

Quadro 2. Tratamentos empregados no consórcio milho e adubo verde. Piracicaba, SP

Tratamento	Planta	Época de semeadura
Sem adubo verde consorciado (Testemunha)	nº m ⁻¹	
Mucuna anã (<i>Mucuna deeringiana</i> (Bort.) Merr)	10	simultânea com o milho
Mucuna anã (<i>Mucuna deeringiana</i> (Bort.) Merr)	10	30 dias após o milho
Guandu anão var. IAPAR 43 aratã (<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp)	20	simultânea com o milho
Guandu anão var. IAPAR 43 aratã (<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp)	20	30 dias após o milho
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	20	simultânea com o milho
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	20	30 dias após o milho
Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.)	10	simultânea com o milho
Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.)	10	30 dias após o milho

com circulação forçada de ar a 70° C, até peso constante, para a determinação da produção de matéria seca. A seguir, as amostras foram moídas e determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, conforme Malavolta et al. (1997). A amostragem do solo de cada parcela foi efetuada mediante a coleta de duas subamostras nas entrelinhas centrais da cultura do milho, com auxílio da pá-de-corte, nas profundidades de 0–10 e 10–20 cm, antes da instalação do experimento, um mês antes da semeadura do milho do segundo ano e imediatamente após a colheita deste. Os adubos verdes do primeiro cultivo foram dessecados 170 dias após a sua semeadura, mantendo os restos vegetais na superfície do solo.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (Banzatto & Kronka, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando as características químicas do solo, obtidas por ocasião da instalação do experimento (Quadro 1), com os valores de referência citados por Raij et al. (1996), verificou-se que a área experimental era de alta fertilidade e uniforme, apresentando coeficientes de variação de médio a baixo. No primeiro ano, não houve influência dos tratamentos (cultivo consorciado de adubos verdes) nos seguintes atributos do solo: pH, MO, K, Mg, Al, H + Al, SB e V (Quadro 3). A não-influência dos adubos verdes nestes atributos está em desacordo com os dados de Vitti et al. (1979), o que pode estar associado ao curto período do experimento, bem como à menor produção de fitomassa na consorciação em relação ao cultivo do adubo verde isolado (Alvarenga, et al., 1995). Os teores de P na camada de 10–20 cm do solo foram influenciados pela aplicação dos tratamentos nos dois anos de cultivo; no primeiro ano, foram obtidos os maiores valores no guandu anão e na testemunha (Quadro 3), reiterando o descrito por Heinrichs et al. (2000) de que as plantas invasoras também podem contribuir para o aumento da disponibilidade de nutrientes. No segundo ano de cultivo, a maior concentração de fósforo no solo foi observado no tratamento com feijão-de-porco.

No primeiro ano de cultivo, verificou-se interação do teor de S no solo e as espécies de adubos verdes (Quadro 3), destacando-se os tratamentos com guandu anão e feijão-de-porco que apresentaram menor concentração em relação às demais espécies de adubos verdes.

No teor de K, houve interação no segundo ano de cultivo na camada de 10–20 cm, tendo a *Crotalaria spectabilis* e o feijão-de-porco semeados 30 dias após o milho apresentado teores maiores. As demais

espécies de adubos verdes não apresentaram efeito de acordo com a época de semeadura.

Após o primeiro cultivo, não se verificou a presença de Al no solo (Quadro 3). No entanto, após o segundo ano, mesmo com valores muito baixos, verificou-se efeito dos tratamentos no teor de Al no solo (Quadro 4), destacando-se os tratamentos com feijão-de-porco, onde os teores foram muito baixos. Pelo fato de alguns valores serem próximos de zero ou zero, os teores de Al no segundo ano foram transformados em Al + 1. Dois anos após a instalação do sistema, observou-se ausência, ou concentrações menores, de Al nos tratamentos com feijão-de-porco em relação aos demais tratamentos, o que pode ser atribuído à maior produção de material orgânico desta espécie (Quadro 5), ocasionando sua complexação, ou seja, semelhante ao efeito da calagem (Hue & Amien, 1989; Miyazawa et al., 1993). Meda et al. (2002) documentaram a probabilidade de ocorrência de complexação organometálica com alguns extratos vegetais, possibilitando a lixiviação do Al para maiores profundidades ou, ainda, a insolubilização.

A produção de matéria verde de feijão-de-porco foi significativamente superior à dos demais tratamentos, tendo havido, no primeiro cultivo, interação entre os tratamentos (Quadro 5). Na média, o tratamento com feijão-de-porco apresentou maior produção de matéria verde, na ordem de 290 e 82 %, respectivamente, em relação ao tratamento-testemunha no primeiro e no segundo ano de cultivo. A produção de fitomassa do tratamento-testemunha foi composta por plantas invasoras, sendo as mais freqüentes a *Alternanthera ficoidea* (L.) R.Br., *Commelia benghalensis* L., *Borreria latifolia* Schum. No segundo ano agrícola, a infestação foi maior, o que pode ser observado pela maior produção de matéria verde e seca (Quadro 5). Além de o feijão-de-porco apresentar melhor desenvolvimento e adaptação ao sistema proposto em relação aos demais tratamentos, constatou-se redução na ocorrência de plantas invasoras, causando possivelmente, um efeito supressor alelopático a estas plantas (Costa, 1993; Alvarenga et al., 1995). Segundo Overland (1966), cada espécie, viva ou em decomposição, exerce inibição apenas sobre determinadas espécies de plantas, espontâneas ou cultivadas.

O guandu anão, a *Crotalaria spectabilis* e a mucuna anã apresentaram desenvolvimento reduzido, tendo no segundo cultivo apresentado produção de fitomassa verde inferior à gerada no tratamento-testemunha, composto por plantas invasoras. A mucuna anã completou seu ciclo até à época da colheita do milho, podendo infestar a área com essa espécie. No entanto, em regiões com geadas durante o inverno, este problema é amenizado, pois ocorre a dessecação natural das plantas, já que estas são extremamente sensíveis a baixas temperaturas.

Quadro 3. Características químicas do solo após o primeiro ano do consórcio milho e adubos verdes, semeados simultaneamente ou 30 dias após o milho, no ano agrícola 1995/96. Piracicaba, SP⁽¹⁾

Época de semeadura	T	MA	GA	CS	FP	Média	T	MA	GA	CS	FP	Média
	-----0-10 cm-----						-----10-20 cm-----					
	pH (CaCl ₂)											
Simultânea com o milho	5,0	5,2	4,9	5,3	5,2	5,1	5,3	5,1	4,8	5,2	5,4	5,2
30 dias após o milho	5,0	5,1	5,2	5,1	5,2	5,1	5,2	5,1	5	5,3	5,3	5,2
Média	5,0	5,1	5,0	5,2	5,2	5,1	5,2	5,1	4,9	5,3	5,3	5,2
	C.V.: 5 %						C.V.: 4 %					
	MO, g dm ⁻³											
Simultânea com o milho	20	19	21	20	20	20	16	19	20	18	18	18
30 dias após o milho	21	20	21	19	19	20	16	17	20	18	20	18
Média	20	19	21	20	20	20	16	18	20	18	19	18
	C.V.: 11 %						C.V.: 8 %					
	P, mg dm ⁻³											
Simultânea com o milho	18	17	18	20	21	19	20	13	21	13	14	16 b
30 dias após o milho	17	18	22	17	33	21	22	16	30	17	22	21 a
Média	17	18	20	19	27	20	21 AB	15 B	26 A	15 B	18 B	18
	C.V.: 22 %						C.V.: 14 %					
	S-SO ₄ , mg dm ⁻³											
Simultânea com o milho	10,2	10,0	6,5	8,9	5,8	8,3	19	16 b	11	21	10	16
30 dias após o milho	10,0	13,0	7,9	10,1	5,2	9,2	19 AB	28 aA	8 B	18 AB	9 B	17
Média	10,1	11,5	7,2	9,5	5,5	4,7	19 A	22 A	10 B	20 A	10 B	16
	C.V.: 32 %						C.V.: 17 %					
	K, mmol _c dm ⁻³											
Simultânea com o milho	1,6	1,2	2,3	2,7	1,8	1,9	1,5	1,9	2,0	1,1	0,9	1,5
30 dias após o milho	1,7	1,7	2,8	1,7	1,6	1,9	1,8	1,6	2,0	1,5	1,4	1,7
Média	1,6	1,5	2,5	2,2	1,7	1,9	1,7	1,8	2,0	1,3	1,1	1,6
	C.V.: 38 %						C.V.: 29 %					
	Ca, mmol _c dm ⁻³											
Simultânea com o milho	22	17	17	24	24	21	31	21	19	23	23	24
30 dias após o milho	20	17	27	22	26	23	31	19	23	22	24	24
Média	21	17	22	23	25	22	31 A	20 B	21 B	23 AB	24 AB	24
	C.V.: 30 %						C.V.: 17 %					
	Mg, mmol _c dm ⁻³											
Simultânea com o milho	7,4	7,7	7,1	8,5	9,3	8,0	9,5	8,0	8,5	8,2	8,0	8,4
30 dias após o milho	8,3	8,2	10	8,7	8,5	8,7	9,5	8,1	9,0	7,1	9,2	8,5
Média	7,8	7,9	8,6	8,6	8,9	8,3	9,5	8,0	8,7	7,6	8,6	8,5
	C.V.: 37 %						C.V.: 30 %					
	Al, mmol _c dm ⁻³											
Simultânea com o milho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 dias após o milho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H + Al, mmol _c dm ⁻³											
Simultânea com o milho	24	28	34	25	25	27	24	24	31	27	25	26
30 dias após o milho	25	27	25	29	25	26	24	30	33	28	20	27
Média	25	28	29	27	25	27	24	27	32	28	23	27
	C.V.: 16 %						C.V.: 25 %					
	SB, mmol _c dm ⁻³											
Simultânea com o milho	30	24	26	34	34	30	42	31	30	32	31	33
30 dias após o milho	31	26	39	32	36	33	42	28	34	30	34	34
Média	31	25	33	33	35	31	42	30	32	31	33	34
	C.V.: 31 %						C.V.: 21 %					
	CTC, mmol _c dm ⁻³											
Simultânea com o milho	55	52	60	59	59	58	67	55	61	60	57	60
30 dias após o milho	56	54	65	61	61	59	66	59	67	59	55	61
Média	56	53	62	60	60	58	66A	57 B	64 AB	59 AB	56B	60
	C.V.: 17 %						C.V.: 12 %					
	V, %											
Simultânea com o milho	54	46	43	58	57	52	63	56	49	53	56	55
30 dias após o milho	56	48	61	52	58	55	64	48	50	51	62	55
Média	55	47	52	55	58	53	63	52	50	52	59	55
	C.V.: 17 %						C.V.: 20 %					

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5 %.
 T: testemunha (sem adubo verde consorciado); MA: mucuna anã; GA: guandu anão; CS: *Crotalaria spectabilis*; FP: feijão-de-porco.
 P, K, Ca e Mg: extração com resina trocadora de íons. S-SO₄ : NH₄OAc 0,5 mol L⁻¹ em HOAc 0,25 mol L⁻¹.

Quadro 4. Características químicas do solo após o segundo ano do consórcio milho e adubos verdes, semeados simultaneamente ou 30 dias após o milho, no ano agrícola 1996/97. Piracicaba, SP⁽¹⁾

Época de semeadura	T	MA	GA	CS	FP	0-10 cm		10-20 cm				
						Média	T	MA	GA	CS	FP	Média
pH (CaCl ₂)												
Época de semeadura	T	MA	GA	CS	FP	Média	T	MA	GA	CS	FP	Média
Simultânea com o milho	5,2	4,9	4,8	5,0	5,2	5,0	5,5	5,0	4,9	4,9	5,1	5,1
30 dias após o milho	4,5	5,0	5,0	4,9	5,3	4,9	4,7	4,9	4,8	5,0	5,3	5,0
Média	4,9	5,0	4,9	5,0	5,3	5,0	5,1	5,0	4,9	5,0	5,2	5,0
						C.V.: 7 %						
MO, g dm ⁻³												
Simultânea com o milho	19	17	19	17	18	18	16	16	17	18	19	18
30 dias após o milho	17	18	19	20	19	18	16	17	18	18	19	18
Média	18	18	19	18	19	18	16B	17 AB	18 AB	18 AB	19 A	18
						C.V.: 11 %						
P, mg dm ⁻³												
Simultânea com o milho	15	14	22	12	14	15	9	13	14	13	20	14
30 dias após o milho	16	13	12	13	20	15	9	13	13	10	25	14
Média	15	13	17	13	17	15	9 B	13 B	13 B	12 B	22 A	14
						C.V.: 30 %						
S-SO ₄ , mg dm ⁻³												
Simultânea com o milho	17	22	19	23	16	19	17	26	26	18	19	21
30 dias após o milho	25	21	20	22	14	20	35	24	25	17	16	23
Média	21	22	19	22	15	20	27	25	26	17	17	22
						C.V.: 32 %						
K, mmolc dm ⁻³												
Simultânea com o milho	4,1	3,6	3,7	3,8	5,2	4,0	1,9	1,6	2,1	1,8b	1,9b	1,8b
30 dias após o milho	4,5	3,0	4,6	6,8	5,0	4,8	2,2	1,9	2,1	3,4 a	3,5 a	2,6 a
Média	4,3	3,3	4,2	5,3	5,1	4,4	2,0 B	1,8 B	2,1 B	2,6 A	2,7 A	2,2
						C.V.: 34 %						
Ca, mmolc dm ⁻³												
Simultânea com o milho	40	33	33	34	41	37	47	41	35	44	46	43
30 dias após o milho	35	37	38	33	41	37	30	37	40	38	56	40
Média	38	35	36	33	41	37	39	40	38	41	51	42
						C.V.: 18 %						
Mg, mmolc dm ⁻³												
Simultânea com o milho	16	15	14	14	16	15	20	18	15	19	19	18
30 dias após o milho	14	16	17	14	17	15	14	17	19	17	24	18
Média	15	16	15	14	17	15	17	18	17	18	22	18
						C.V.: 23 %						
Al, mmolc dm ⁻³												
Simultânea com o milho	2,0A	2,2 A	2,5 A	1,7B	1,2 B	1,9	1,0	1,5	1,5	1,7	1,5	1,4
30 dias após o milho	2,5A	1,7 B	1,6 B	1,5B	1,0 B	1,6	2,5	2,7	2,2	1,5	1,0	2,0
Média	2,3A	2,0 A	2,0 A	1,6 AE	1,1 B	1,8	1,7	2,1	1,9	1,6	1,2	1,7
						C.V.: 29 %						
H + Al, mmolc dm ⁻³												
Simultânea com o milho	29	30	36	31	29	31	24	30	33	29	28	29
30 dias após o milho	38	32	29	30	25	31	34	34	31	33	24	32
Média	33	31	32	31	27	31	30	33	32	31	26	30
						C.V.: 21 %						
SB, mmolc dm ⁻³												
Simultânea com o milho	60	52	51	51	62	55	69	61	53	64	68	63
30 dias após o milho	53	56	60	53	63	57	46	57	62	58	83	61
Média	57	54	55	52	63	56	58	59	57	61	76	62
						C.V.: 17 %						
CTC, mmolc dm ⁻³												
Simultânea com o milho	89	82	87	83	92	87	94	91	87	94	96	92
30 dias após o milho	91	89	88	84	89	88	81	91	93	92	108	93
Média	90	85	87	83	90	87	87	91	90	93	102	93
						C.V.: 6 %						
V, %												
Simultânea com o milho	67	63	58	62	69	64	72	66	61	68	71	68
30 dias após o milho	58	63	67	64	71	65	57	61	65	63	77	65
Média	62	63	63	63	70	64	65	64	63	66	74	66
						C.V.: 12 %						
m, %												
Simultânea com o milho	3,2 ⁽²⁾	4,4 ⁽²⁾	4,8 aA	3,4 ⁽²⁾	2,0 B	3,5	1,5	2,5	2,8	2,9	2,2	2,4
30 dias após o milho	4,5 ⁽²⁾	3,2 ⁽²⁾	1,7 bB	2,7 AB	1,6 B	2,7	5,2	5,4	3,9	2,6	1,1	3,7
Média	3,8 ⁽²⁾	3,8 ⁽²⁾	3,2 AB	3,1 AB	1,8 B	3,1	3,3	3,9	3,4	2,7	1,7	3,0
						C.V.: 38 %						
						C.V.: 39 %						

T: testemunha (sem adubo verde consorciado); MA: mucuna anã; GA: guandu anão; CS: *Crotalaria spectabilis*; FP: feijão-de-porco.⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5 %.⁽²⁾ Média transformada a partir da equação Al + 1. P, K, Ca e Mg: extração com resina trocadora de íons.

Quadro 5. Produção de matéria verde e seca na parte aérea dos adubos verdes consorciados com milho, semeados simultaneamente ou 30 dias após o milho, anos agrícolas 1995/96 e 1996/97. Piracicaba, SP⁽¹⁾

Época de semeadura	Testemunha	Mucuna anã	Guandu anão	Crotalária spectabilis	Feijão-de-porco	Média
Matéria verde 1995/96						
Simultânea com o milho	1.203 B	1.787 B	1.607 aB	2.567 aB	7.194 aA	2.872 a
30 dias após o milho	2.107 B	1.086 B	355 bB	678 bA	5.741 bA	1.993 b
Média	1.655 B	1.436 B	981 B	1.622 B	6.467 A	2.432
	C.V.: 21 %					
Matéria seca 1995/96						
Simultânea com o milho	304 B	641 B	537 aB	620 aB	1.565 A	733 a
30 dias após o milho	446 B	386 B	194 bB	233 bB	1.365 A	525 b
Média	375 B	513 B	365 B	427 B	1.465 A	629
	C.V.: 35 %					
Matéria verde 1996/97						
Simultânea com o milho	3.983	1.594	2.955	1.138	7.775	3.489 a
30 dias após o milho	3.566	997	977	761	5.997	2.464 b
Média	3774 B	1.295 C	1.976 C	950 C	6.886 A	2.976
	C.V.: 29 %					
Matéria seca 1996/97						
Simultânea com o milho	1.119	596	1.015	429	1.733	978 a
30 dias após o milho	963	584	441	337	1.287	722 b
Média	1.041 B	591 C	728 BC	383 C	1.510 A	851
	C.V.: 31 %					

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5 %.

Na média, a produção de matéria seca de feijão-de-porco foi superior à dos demais tratamentos; 290 e 45 %, respectivamente, em relação ao primeiro e ao segundo ano de cultivo do tratamento-testemunha. A matéria seca das espécies foi menor que a encontradas por Skóra Neto (1993); no entanto, naquele trabalho, o milho foi semeado em covas espaçadas de um metro nas entrelinhas, o que possibilitou um maior desenvolvimento dos adubos verdes. Por outro lado, a massa de matéria seca do feijão-de-porco foi semelhante à encontrada por Nolla (1999). Comparando as produções de matéria seca dos adubos verdes no consórcio com cultivos solteiros (Costa, 1993), os valores obtidos foram inferiores. A menor produção de fitomassa no cultivo consorciado pode ser justificado por apresentar menor número de plantas por área e sofrer competição com o milho.

De modo geral, a produção de fitomassa dos adubos verdes semeados 30 dias após a semeadura do milho foi menor, indicando que as plantas não se adaptaram ao sistema consorciado, além de aumentar a mão-de-obra. Dentre os adubos verdes, destacou-se o feijão-de-porco; entretanto, torna-se necessário o desenvolvimento de máquinas agrícolas apropriadas à semeadura dessa cultura, dificultada pelo uso de máquinas convencionais, em virtude do acentuado tamanho de suas sementes.

A quantidade de macronutrientes na fitomassa foi estatisticamente maior nos tratamentos com feijão-de-porco, o que pode ser atribuído à sua maior produção de matéria seca, evidenciando, mais uma vez, a sua superioridade em relação às demais espécies estudadas (Quadro 6).

Em decorrência da quantidade de matéria seca produzida, o tratamento-testemunha apresentou elevada quantidade de K na fitomassa aérea no segundo ano, sendo semelhante ao valor encontrado no feijão-de-porco (Quadro 6), demonstrando que plantas invasoras apresentam potencial de reciclagem de nutrientes (Favero, 1998; Heinrichs, et al., 2000).

O rendimento de grãos de milho não sofreu efeito dos tratamentos no primeiro ano; entretanto, no segundo cultivo, a média do tratamento com feijão-de-porco foi significativamente superior à das demais espécies (Quadro 7). Na média, o rendimento de grãos no segundo ano foi 20 % maior no tratamento com feijão-de-porco em relação a testemunha. Este resultado discorda do de Skóra Neto (1993), que verificou menores índices de rendimento no sistema consorciado simultâneo, justificado por uma possível competição entre a leguminosa e o milho na fase inicial.

Comparando o tratamento com feijão-de-porco nos dois anos de cultivo, a média de rendimento de

Quadro 6. Quantidade de macronutrientes na parte aérea dos adubos verdes consorciados com milho, semeados simultaneamente ou 30 dias após o milho, nos anos agrícolas 1995/96 e 1996/97. Piracicaba, SP⁽¹⁾

Época de semeadura	T	MA	GA	CS	FP	Média	T	MA	GA	CS	FP	Média					
													1995/96				
kg ha ⁻¹																	
N																	
Simultânea com o milho	7,2	17,9	10,7	15,7	45,4	19,4 a	13,1	15,6	29,5	8,9	62,5	25,9 a					
30 dias após o milho	7,0	11,2	5,0	6,4	36,7	13,2 b	13,2	16,8	11,5	8,5	50,9	20,2 b					
Média	7,1 C	14,6 B	7,9 C	11,1 BC	41,1 A	16,4	13,1 B	16,2 B	20,5 B	8,7 B	56,74 A	23,0					
						CV: 30 %						CV: 14 %					
P																	
Simultânea com o milho	0,88	1,73	1,31	1,47	3,77	1,83 a	2,75 B	1,40 C	2,76 B	1,00 C	4,80 A	2,54 a					
30 dias após o milho	0,88	1,23	0,61	0,78	3,38	1,38 b	2,88 AB	1,59 BC	1,35 BC	0,92 C	3,53 A	2,05 b					
Média	0,88 b	1,48 B	0,96 B	1,13 B	3,58 A	1,61	2,81 B	1,49 CD	2,06 BC	0,96 D	4,17 A	2,30					
						CV: 34 %						CV: 29 %					
K																	
Simultânea com o milho	17,0	11,0	9,0	13,8	38,1	17,8 a	36,9	8,3	17,1	9,7	42,0	22,8 a					
30 dias após o milho	17,9	6,8	4,0	5,5	32,1	13,3 b	29,8	10,9	8,4	8,3	31,3	17,7 b					
Média	17,5 B	8,9 C	6,5 C	9,6 C	35,2 A	15,5	33,4 A	9,6 B	12,7 B	9,0 B	36,7 A	20,3					
						CV: 29 %						CV: 27 %					
Ca																	
Simultânea com o milho	5,3	7,2	3,7	8,4	26,4	10,2 a	8,3	6,4	5,5	4,7	42,0	13,4					
30 dias após o milho	6,2	4,4	1,5	3,2	23,6	7,8 b	8,6	5,7	2,2	3,3	32,0	10,3					
Média	5,7 B	5,8 B	2,6 B	5,8 B	25,0 A	9,0	8,4 B	6,0 B	3,9 B	4,0 B	37,0 A	11,9					
						CV: 27 %						CV: 30 %					
Mg																	
Simultânea com o milho	3,06	1,92	0,86	2,16	4,91	2,58 a	3,13	1,49	1,86	0,83	5,12	2,48 a					
30 dias após o milho	2,99	1,24	0,47	0,94	4,39	2,01 b	2,96	1,35	0,71	0,73	3,84	1,92 b					
Média	3,02 B	1,58 C	0,67 C	1,55 C	4,65 A	2,29	3,04 B	1,42 C	1,29 C	0,78 C	4,48 A	2,20					
						CV: 33 %						CV: 36 %					
S																	
Simultânea com o milho	0,99	1,66	1,33	1,64	3,77	1,88 a	2,76	1,96	1,94	1,14	5,75	2,71 a					
30 dias após o milho	1,18	0,97	0,43	0,66	3,82	1,41 b	2,42	1,70	0,85	1,00	4,71	2,14 b					
Média	1,09 B	1,32 B	0,88 B	1,15 B	3,79 A	1,65	2,59 B	1,83 BC	1,39 BC	1,07 C	5,23 A	2,42					
						CV: %						CV: %					

T: testemunha (sem adubo verde consorciado); MA: mucuna anã; GA: guandu anão; CS: *Crotalaria spectabilis*; FP: feijão-de-porco.
⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5 %.

Quadro 7. Rendimento de grãos da cultura do milho consorciada com adubos verdes, semeados simultaneamente ou 30 dias após o milho, nos anos agrícolas 1995/96 e 1996/97, Piracicaba, SP⁽¹⁾

Época de semeadura	Testemunha	Mucuna anã	Guandu anão	Crotalária spectabilis	Feijão-de-porco	Média
1995/96						
Simultânea com o milho	5.988	5.797	5.675	6.153	5.675	5.858
30 dias após o milho	6.429	5.766	5.862	6.244	6.171	6.094
Média	6.209	5.782	5.769	6.198	5.923	5.976
C.V.: 11 %						
1996/97						
Simultânea com o milho	6.187	5.704	5.815	5.680	7.548	6.187
30 dias após o milho	5.970	5.861	5.860	5.817	7.067	6.115
Média	6.078 B	5.783 B	5.838 B	5.748 B	7.308 A	6.151
C.V.: 8 %						

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5 %.

grãos de milho foi 23 % maior no segundo ano em relação ao primeiro cultivo. Possivelmente, o milho cultivado no segundo ano foi beneficiado pela maior disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio, proporcionada pela maior produção de fitomassa do adubo verde no ano anterior (Quadro 5). A possibilidade da utilização da cultura do milho em sistema consorciado corrobora os resultados encontrados por Alvarenga (1995) que relatou aumento de produção em relação à monocultura. Cabe salientar que a consorciação de milho com feijão-de-porco não atrapalhou a colheita mecânica do milho, por ser o feijão-de-porco uma espécie de hábito de crescimento prostrado.

CONCLUSÕES

1. O feijão-de-porco, em comparação com mucuna anã, guandu anão, crotalária e plantas invasoras, apresentou maior produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

2. No primeiro ano de cultivo, o rendimento de grãos de milho não foi influenciado pelo cultivo consorciado com adubos verdes. No entanto, no segundo ano, o rendimento de milho foi beneficiado pelo cultivo consorciado com feijão-de-porco.

LITERATURA CITADA

- ALVARENGA, D.A. Efeitos de diferentes sistemas de semeadura na consorciação milho-soja. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1995. 46p. (Tese de Mestrado)
- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W. & REGAZZI, A.J. Características de adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesq. Agropec. Bras.*, 20:175-185, 1995.
- BANZATTO, P.A. & KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. Jaboticabal, FUNEP, 1995. 247p.
- COSTA, M.B.B., coord. Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro, AS-PTA, 1993. 346p.
- DEBRUCK, J. & BOGUSLANESKI, F.V. Die wirkung der kombination von organischer und mineralischer düngung aufgrund von langjährigern versuchen. *Landwirtsch. Fors.*, 36:405-418, 1979.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N. & KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistema de cobertura do solo plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1991. 274p.
- FAVERO, C. Potencial de plantas espontâneas e de leguminosas para adubação verde. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 84p. (Tese de Mestrado)
- GRANATO, L. Adubação verde: arte antiga e ciencia moderna: uma revolução na economia agrícola nacional. São Paulo, Monteiro Lobato, 1924. 188p.
- HEINRICHS, R.; GAVA, G.J.C. & MONTEIRO, M.R. Produção de adubos verdes cultivados em solo podzólico durante o período de entressafra no Estado de São Paulo. *Científica*, 28:115-124, 2000.
- HUE, N.V. & AMIEN, I. Aluminum detoxification with green manures. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 20:1499-1511, 1989.
- JERANYAMA, P.; HESTERMEN, O.B.; WADDINGTON, S.R. & HARWOOD, R. Relay-intercropping of sunnhemp and cowpea into a smallholder maize system in Zimbabwe. *Agron. J.*, 92:239-244, 2000.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.
- MASCARENHAS, H.A.A.; HIDROCE, R.; BRAGA, N.R. & MIRANDA, M.A.C. Efeito do nitrogênio residual de soja na produção do milho. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 24p. (Boletim técnico, 58)
- MEDA, A.R.; PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. & CASSIOLATO, M.E. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem na correção da acidez subsuperficial do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:647-654, 2002.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:411-416, 1993.
- NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G.; PAULA, M.B. & FARIA, J.F. Gesso, fosfato natural e adubo verde na cultura do alho em solo aluvial. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:349-354, 1989.
- NOLLA, A. Avaliação do consórcio milho, leguminosas para adubação verde e plantas espontâneas. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 123p. (Tese de Mestrado)
- OVERLAND, L. The role of allelopathic substances in the "smoothes crop" barley. *Am. J. Bot.*, 53:423-432, 1966.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100)
- SKÓRA NETO, F. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. *Pesq. Agropec. Bras.*, 28:1165-1170, 1993.
- VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; PERECIN, D. & ZANETTI NETO, P. Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa. *Científica*, 7:431-435, 1979.